Особливості кровопостачання плода (Circulatio sanguinis fetalis)

Кровообіг плода суттєво відрізняється від кровообігу новонародженого та дорослої людини, оскільки легені плода не функціонують як орган газообміну, а цю функцію виконує плацента (*placenta*). Також печінка (*hepar*) плода отримує значну кількість артеріальної крові. Ці особливості зумовлюють наявність специфічних анатомічних структур, які редукуються після народження.

Ключові структури кровообігу плода:

1. **Плацента (*Placenta*)**: Унікальний тимчасовий орган, що забезпечує обмін газами, поживними речовинами та продуктами метаболізму між матір'ю та плодом.
2. **Пупкова вена (*Vena umbilicalis*)**: Несе оксигеновану (збагачену киснем) кров та поживні речовини від плаценти до плода. У пупковому канатику (*funiculus umbilicalis*) зазвичай одна пупкова вена.
3. **Пупкові артерії (*Arteriae umbilicales*)**: Дві артерії, що відходять від внутрішніх клубових артерій (*arteriae iliacae internae*) плода і несуть деоксигеновану кров та продукти метаболізму від плода до плаценти.
4. **Венозна протока (Аранцієва протока) (*Ductus venosus Arantii*)**: Судина, що з'єднує пупкову вену з нижньою порожнистою веною (*vena cava inferior*), дозволяючи значній частині оксигенованої крові оминути печінку.
5. **Овальний отвір (*Foramen ovale*)**: Отвір у міжпередсердній перегородці (*septum interatriale*), що дозволяє оксигенованій крові з правого передсердя (*atrium dextrum*) потрапляти безпосередньо в ліве передсердя (*atrium sinistrum*), оминаючи мале (легеневе) коло кровообігу.
6. **Артеріальна протока (Боталлова протока) (*Ductus arteriosus Botalli*)**: Судина, що з'єднує легеневий стовбур (*truncus pulmonalis*) з дугою аорти (*arcus aortae*), скеровуючи більшу частину крові з правого шлуночка (*ventriculus dexter*) в аорту, оминаючи нефункціонуючі легені.

Шляхи кровотоку у плода:

1. **Надходження оксигенованої крові**: Оксигенована кров з плаценти надходить до плода через **пупкову вену (*vena umbilicalis*)**.
2. **Проходження через печінку та венозну протоку**:
   - Невелика частина крові з пупкової вени проходить через ворітну вену (*vena portae*) до печінки для її кровопостачання.
   - Більша частина (близько 70-80%) оксигенованої крові з пупкової вени через **венозну протоку (*ductus venosus*)** спрямовується безпосередньо в **нижню порожнисту вену (*vena cava inferior*)**.
3. **Змішування крові у нижній порожнистій вені**: У нижній порожнистій вені оксигенована кров з венозної протоки змішується з деоксигенованою кров'ю, що надходить від нижньої частини тіла плода. Однак, завдяки особливостям гемодинаміки, струмінь більш оксигенованої крові переважно спрямовується до овального отвору.
4. **Проходження через овальний отвір**:

    - З нижньої порожнистої вени змішана, але все ще відносно багата на кисень кров, надходить у **праве передсердя (*atrium dextrum*)**.
    - Завдяки наявності заслінки нижньої порожнистої вени (Євстахієва заслінка, *valvula venae cavae inferioris Eustachii*), цей потік крові переважно спрямовується через **овальний отвір (*foramen ovale*)** у **ліве передсердя (*atrium sinistrum*)**.
    - У лівому передсерді ця кров змішується з невеликою кількістю венозної крові, що надходить від легень через легеневі вени (*venae pulmonales*).
5. **Кровопостачання головного мозку та верхньої частини тіла**: З лівого передсердя кров надходить у **лівий шлуночок (*ventriculus sinister*)** і далі в **висхідну аорту (*aorta ascendens*)** та **дугу аорти (*arcus aortae*)**. Гілки дуги аорти (плечеголовний стовбур, ліва загальна сонна та ліва підключична артерії) забезпечують кров'ю головний мозок, серце та верхні кінцівки, які таким чином отримують найбільш оксигеновану кров.
6. **Кров з верхньої порожнистої вени**: Деоксигенована кров від верхньої частини тіла плода надходить у **праве передсердя (*atrium dextrum*)** через **верхню порожнисту вену (*vena cava superior*)**. Цей потік крові переважно спрямовується в **правий шлуночок (*ventriculus dexter*)**.
7. **Проходження через артеріальну протоку**:
    - З правого шлуночка кров надходить у **легеневий стовбур (*truncus pulmonalis*)**.
    - Оскільки легені плода не функціонують і мають високий судинний опір, лише невелика частина крові (близько 10-15%) спрямовується до легень для їх живлення.
    - Більша частина крові (близько 85-90%) з легеневого стовбура через **артеріальну протоку (*ductus arteriosus*)** скидається в **низхідну аорту (*aorta descendens*)** дистальніше відходження артерій, що кровопостачають голову та верхні кінцівки.
8. **Кровопостачання нижньої частини тіла та повернення крові до плаценти**:
    - У низхідній аорті кров, що пройшла через артеріальну протоку, змішується з кров'ю, що надійшла з лівого шлуночка. Ця кров, менш насичена киснем, кровопостачає органи черевної порожнини, тазу та нижні кінцівки.
    - Від **внутрішніх клубових артерій (*arteriae iliacae internae*)** відходять дві **пупкові артерії (*arteriae umbilicales*)**, які несуть деоксигеновану кров та продукти метаболізму від плода назад до плаценти для газообміну та екскреції.

Зміни в системі кровообігу після народження:

З першим вдихом новонародженого та перев'язкою пуповини відбуваються кардинальні зміни в системі кровообігу:

1. **Припинення плацентарного кровотоку**: Перев'язка пуповини припиняє потік крові через пупкові судини.
    - **Пупкова вена (*vena umbilicalis*)** запустіває і протягом кількох днів (до 1-2 місяців) облітерується, утворюючи **круглу зв'язку печінки (*ligamentum teres hepatis*)**.
    - **Венозна протока (*ductus venosus*)** також спазмується і облітерується протягом кількох годин або днів, перетворюючись на **венозну зв'язку (*ligamentum venosum*)**, яка проходить по задній поверхні печінки.
    - **Пупкові артерії (*arteriae umbilicales*)** спазмуються і облітеруються в їх дистальних відділах, утворюючи **медіальні пупкові зв'язки (*ligamenta umbilicalia medialia*)**. Проксимальні частини пупкових артерій залишаються функціонуючими як верхні сечоміхурові артерії (*arteriae vesicales superiores*).

2. **Початок легеневого дихання**:
   - Розправлення легень з першим вдихом призводить до значного зниження судинного опору в малому колі кровообігу.
   - Кров з правого шлуночка починає активно надходити в легені через легеневий стовбур та легеневі артерії для оксигенації.
3. **Закриття овального отвору (*foramen ovale*)**:
   - Збільшення притоку крові з легень до лівого передсердя підвищує тиск у ньому.
   - Одночасно, припинення току крові з плаценти через пупкову вену та венозну протоку знижує тиск у правому передсерді.
   - Ця різниця тисків призводить до притискання клапана овального отвору (*valvula foraminis ovalis*) до міжпередсердної перегородки, що спричиняє функціональне закриття овального отвору. Анатомічне зарощення відбувається пізніше, протягом перших місяців або навіть років життя, утворюючи **овальну ямку (*fossa ovalis*)**.
4. **Закриття артеріальної протоки (*ductus arteriosus*)**:
   - Підвищення парціального тиску кисню в артеріальній крові після початку легеневого дихання та зниження рівня циркулюючих простагландинів (особливо PGE2, який синтезується в плаценті та підтримує протоку відкритою) викликають скорочення гладкої мускулатури стінки артеріальної протоки.
   - Функціональне закриття артеріальної протоки зазвичай відбувається протягом перших 10-15 годин після народження. Анатомічна облітерація з утворенням **артеріальної зв'язки (*ligamentum arteriosum*)** відбувається протягом 2-3 тижнів (іноді до 2-3 місяців).

Клінічне значення:

Розуміння особливостей кровообігу плода є надзвичайно важливим для діагностики та лікування вроджених вад серця та магістральних судин. Незакриття овального отвору або артеріальної протоки після народження є поширеними аномаліями, які можуть потребувати медичного або хірургічного втручання.

Наприклад, відкрита артеріальна протока (*ductus arteriosus persistens*) може призводити до перевантаження малого кола кровообігу та розвитку легеневої гіпертензії. Відкритий овальний отвір (*foramen ovale apertum*) може спричиняти парадоксальну емболію.

Сучасні методи пренатальної діагностики, такі як ультразвукове дослідження (ехокардіографія плода), дозволяють виявляти аномалії розвитку серцево-судинної системи ще до народження, що дає можливість планувати тактику ведення вагітності, пологів та постнатального догляду.